

## **TUGAS AKHIR**

### **OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045**



Disusun sebagai syarat menyelesaikan Studi Strata Satu pada Jurusan  
Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Oleh :**

**Refa Saputra**

**D200160119**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :  
**OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045**

Yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 01 Desember 2020

Penulis



Refa Saputra

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini berjudul "OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045" telah disetujui dan diajukan sebagai syarat menyelesaikan program sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Refa Saputra

NIM : D200160119

Diterima dan disetujui pada :

Hari : *Selasa*

Tanggal : *05 Januari 2021*

Dosen Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul “**OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE FRICTION WELDING BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan Sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersembahkan oleh :

Nama : Refa Saputra

NIM : D200160119

Diterima dan disetujui pada :



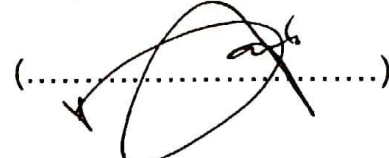
Hari/Tanggal : Selasa, 16 Februari 2021

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Anggota 1 : Nurmuntaha Agung  
Nugraha, ST, MT.

Anggota 2 : Patna Partono, ST, MT.

  
(.....)  
  
(.....)  
  
(.....)

Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Ir. Subroto, M.T.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A. Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos 1 Telp. (0271) 717417 ext. 222

**LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 029/II/2020 Tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Ir. Bibit Sugito, M.T.  
Pangkat/Jabatan : Pembina/Lektor Kepala  
Kedudukan : Pembimbing  
Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :  
Nama : Refa Saputra  
Nomor Induk : D200160119  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 9  
Judul/Topik : Optimalisasi Waktu Gesek Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Las Metode *Friction Welding* Bahan Silinder Pejal Logam AISI 1045  
Rincian Soal/Tugas : Menganalisa Pengaruh Waktu Gesek Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Sambungan Las Bahan Silinder Pejal Logam AISI 1045 Menggunakan Metode *Friction Welding*

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 26 Februari 2020

Pembimbing

Keterangan:

  
Ir. Bibit Sugito, M.T.

## **MOTO**

“Tujuan saya bukanlah jadi lebih baik dari yang lain. Tapi  
Jadi lebih baik dari diri saya yang sebelumnya”

**(Dr Wayne W. Dyer)**

“Jika bersungguh – sungguh dalam melakukan segala  
sesuatunya, pasti akan sampai pada tujuanmu”

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Persembahan tugas akhir ini dan rasa terimakasih saya ucapkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, rahmat, hidayah, rizki, dan semua yang saya butuhkan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
2. Kedua Orang tua yang telah memberikan dukungan serta mendoakan selalu, bersusah payah sehingga saya bisa bersekolah di jenjang yang paling tinggi, hingga menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah, Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan anugerah yang tiada terkira. Atas izin-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Dialah yang Maha Berilmu dan Maha Pemberi Ilmu bagi siapa saja yang dikehendaki-Nya.

Atas terselesaikannya tugas akhir ini, tidak mungkin dicapai tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, semangat dan nasihat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Subroto, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. dan Bapak Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin UMS.
3. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku Pembimbing tugas akhir, yang menjadi guru bagi saya. Yang mana telah mengarahkan, membantu, dan membimbing selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Bambang Waluyo Febriantoko S.T., M.T. atas dukungan, semangat yang telah disampaikan kepada saya. serta telah menjadi Pembimbing Akademik yang mencontohkan tentang pengembangan karakter.
5. Jajaran dosen dan staff di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh studi.
6. Teman – teman Teknik Mesin angkatan 2016 yang tidak bias disebutkan satu persatu. Semoga Selalu diberikan keberkahan dan kelancaran.

Penulis berharap laporan ini bisa bermanfaat bagi yang membaca dan atas segala kekurangan yang ada pada laporan ini penulis memohon



maaf yang sebesar – besarnya. Penulis berharap ada kritikan dan saran yang bersifat membangun. Terimakasih

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

**OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN  
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE FRICTION WELDING  
BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045**

**ABSTRAK**

*Pengelasan merupakan suatu proses penting di dalam dunia industri dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari pertumbuhan industri,. Salah satu teknik pengelasan tanpa menggunakan logam tambahan adalah friction welding. Friction Welding (FW) merupakan teknik pengelasan dengan cara menggesekkan dua permukaan material dan suhu material yang di las dalam kondisi lumer (tidak mencapai titik cair). Dalam proses friction welding salah satu material berputar dan material lainnya diam, kemudian material yang tidak berputar di gesekkan pada material yang berputar dengan diberi penekanan sampai kedua material mencapai kondisi lumer lalu mesin dihentikan dan terjadi penyatuan material.*

*Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi pengujian waktu gesek pengelasan, yaitu pengujian dengan waktu gesek selama 4 detik, 6 detik, dan 8 detik. Sedangkan Rpm yang digunakan adalah 1450 rpm serta material yang digunakan adalah baja AISI 1045. Pada pengujian dengan waktu gesek selama 8 detik didapatkan hasil uji kekuatan tarik yang paling optimal, yaitu sebesar 410,47 Mpa. Sedangkan pengujian dengan waktu kontak selama 4 detik mempunyai nilai uji kekuatan tarik terkecil yaitu sebesar 353,86 Mpa. Dan waktu kontak selama 6 detik didapatkan hasil uji kekuatan tarik sebesar 385,7 Mpa. Pengujian kekerasan menjelaskan bahwa dari ketiga variasi waktu gesek nilaikekerasan tertinggi terletak disekitar sambungan (weld line) dibandingkan daerah haz dan logam induk. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki pada daerah las-lasan (weld line)dengan waktu gesek 8 detik sebesar 665,94 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada daerah HAZ baja dengan waktu gesek 4 detik sebesar 203,73 VHN. Dari pemeriksaan struktur mikro ukuran butir pada daerah weld metal lebih kecil dan lebih halus dari daerah HAZ dan material induk. Dari semua variasi waktu gesek, waktu yang sesuai adalah 8 detik karena ditinjau dari hasil pengujian tarik yang diperoleh*

**Kata kunci:** *Friction Welding, baja AISI 1045, Pengujian tarik, Kekerasan Vickers, Struktur mikro.*

**OPTIMIZATION OF Friction TIME TO THE MECHANICAL  
PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE OF WELDING FRICTION  
WELDING METHOD FRICTION WELDING METHOD MATERIAL  
CYLINDER METAL JOINT AISI 1045**

**ABSTRACT**

*Welding is an important process in the industrial world and is an integral part of industrial growth. One of the welding techniques without using additional metal is friction welding. Friction welding (FW) is a welding technique by rubbing two surfaces of the material and the temperature of the material being welded in a melted state (not reaching the melting point). In the process of friction welding, one material is rotating and the other material is at rest, then the material that does not rotate is rubbed against the rotating material with an emphasis until the two materials reach a melted state and the machine is stopped and the material fuses together.*

*This research was conducted with several variations of welding friction time testing, namely testing with friction times of 4 seconds, 6 seconds, and 8 seconds. While the Rpm used is 1450 rpm and the material used is AISI 1045 steel. In the test with a friction time of 8 seconds, the optimal tensile strength test results are obtained, which is 410.47 Mpa. While the test with a contact time of 4 seconds has the smallest tensile strength test value which is equal to 353.86 MPa. And the contact time for 6 seconds obtained a tensile strength test result of 385.7 Mpa. The hardness test explains that of the three variations of the friction time, the highest hardness value is located around the weld line compared to the haz areas and the parent metal. The highest hardness value is in the weld line area with a friction time of 8 seconds of 665.94 VHN, while the lowest hardness value is in the HAZ area of steel with a friction time of 4 seconds of 203.73 VHN. From the microstructure examination, the grain size in the weld metal area is smaller and finer than the HAZ area and the parent material. Of all the variations in the friction time, the appropriate time is 8 seconds because it is viewed from the results of the tensile test obtained*

**Keywords:** *Friction Welding, AISI 1045 steel, Tensile testing, Vickers Hardness, Microstructure*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
MOTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
ABSTRAK .....	x
ABSTRACT .....	xi
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR RUMUS .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Proses Dasar Pengelasan.....	7
2.2.2 Pengelasan Gesek (Friction Welding) .....	8
2.2.3 Teknologi Pengelasan Gesek .....	9
2.2.4 Kecepatan Putaran.....	9

2.2.5	Daerah Sambungan <i>Friction Welding</i> .....	10
2.2.6	Kelebihan dan Kekurangan Las Gesek <i>Friction Welding</i> .....	11
2.2.7	Aplikasi Las Gesek <i>Friction Welding</i> .....	12
2.3	Kajian Material Uji .....	12
2.3.1	Definisi Baja Paduan .....	12
2.3.2	Diagram Fase Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	15
2.3.3	Struktur Mikro Baja.....	16
2.3.4	Baja AISI 1045 .....	17
2.3.5	Pengujian Material.....	18
2.3.5.1.	Pengujian Tarik.....	19
2.3.5.2	Pengujian Kekerasan Vickers.....	25
2.3.5.3	Pengamatan Struktur Mikro .....	28
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1	Rancangan Penelitian.....	31
3.2	Bahan dan Alat .....	32
3.2.1	Bahan Penelitian .....	32
3.2.2	Alat Penelitian .....	32
3.2.3	Perlengkapan .....	33
3.3	Prosedur Penelitian .....	35
3.3.1	Persiapan Spesimen Uji .....	35
3.3.2	Proses Pengelasan Gesek ( <i>Friction Welding</i> ).....	37
3.3.3	Proses Pembuatan Spesimen Uji.....	39
3.3.3.1	Pembuatan specimen uji tarik.....	39
3.3.3.2	Pembuatan specimen uji kekerasan dan struktur mikro .....	40
3.3.4	Proses Uji Tarik.....	42
3.3.5	Proses Uji Kekerasan.....	42
3.3.6	Proses Uji Foto Struktur Mikro .....	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1	Data Hasil Pengujian .....	44
4.1.1	Analisa Data Hasil Pengujian Tarik .....	44
4.1.2	Data Uji Kekerasan dan Analisa .....	46

4.2	Analisa / Pembahasan .....	48
4.2.1	Uji Tarik .....	48
4.2.2	Uji Kekerasan .....	51
4.2.3	Uji Foto Struktur Mikro.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		58
5.1	Kesimpulan .....	58
5.3	Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA.....		60
LAMPIRAN.....		62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Langkah Proses Pengelasan .....	9
Gambar 2. 2 Daerah pengelasan Friction Welding .....	11
Gambar 2. 3 Diagram fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	15
Gambar 2. 4 Profil Singkat Uji Tarik.....	19
Gambar 2. 5 Skema uji tarik.....	23
Gambar 2. 6 Kurva tegangan-regangan .....	23
Gambar 2. 7 Bentuk perpatahan pada uji tarik.....	25
Gambar 2. 8 Mikro Vickers Hardness Tester .....	25
Gambar 2. 9 Indentasi <i>Vickers</i> .....	27
Gambar 2.10 Mikroskop Struktur Mikro .....	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir .....	31
Gambar 3. 2 <i>Metallographic cutting machine</i> .....	33
Gambar 3. 3 <i>Grinding and polishing machine</i> .....	33
Gambar 3. 4 Jangka sorong .....	34
Gambar 3. 5 Ampelas.....	34
Gambar 3. 6 Gergaji .....	34
Gambar 3. 7 Kikir .....	35
Gambar 3. 8 Sarung tangan dan kacamata .....	35
Gambar 3. 9 Material Baja Karbon Sedang. ....	36
Gambar 3. 10 Material – material yang akan diproses <i>Friction Welding</i> .....	36
Gambar 3. 11 Mesin Las Gesek. ....	37
Gambar 3. 12 Pengelasan gesek ( <i>friction welding</i> ).....	38
Gambar 3. 13 Material setelah dilakukan pengelasan. ....	38
Gambar 3. 14 <i>Bone shape</i> standar ASTM. ....	39
Gambar 3.15 Spesimen material sebelum dilakukan pengujian tarik, kekerasan mikro, dan foto struktur mikro.....	40
Gambar 3.16 Skema uji tarik.....	42
Gambar 3.17 Jarak antar titik uji kekerasan.....	43
Gambar 4. 1 Jarak titik uji kekerasan mikro. ....	46

Gambar 4. 2 Diagram tegangan-regangan dari raw material sampai las 3...	49
Gambar 4. 3 Histogram kekuatan tarik maksimum. ....	50
Gambar 4. 4 Nilai kekerasan pada sambungan .....	51
Gambar 4. 5 struktur mikro daerah (a) <i>weld line</i> , (b) <i>haz</i> baja, (c) raw raw baja (pembesaran 500x) .....	53
Gambar 4. 6 struktur mikro daerah (a) <i>weld line</i> , (b) <i>haz</i> baja, (c) raw raw baja (pembesaran 500x) .....	55
Gambar 4. 7 struktur mikro daerah (a) <i>weld line</i> , (b) <i>haz</i> baja, (c) raw raw baja (pembesaran 500x). ....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon .....	13
Tabel 2.2 Sifat Baja.....	14
Tabel 2.3 Sifat-sifat mekanis Baja Karbon AISI 1045 .....	18
Table 2.4 Komposisi kimia baja AISI 1045.....	18
Tabel 3.1 Hasil proses las gesek dengan variasi waktu gesek .....	39
Tabel 4. 1 Hasil Uji tarik dengan waktu gesek 4 detik.....	44
Tabel 4. 2 Hasil Uji tarik dengan waktu gesek 6 detik.....	45
Tabel 4. 3 Hasil Uji tarik dengan waktu gesek 8 detik.....	45
Tabel 4. 4 Hasil uji kekerasan mikro <i>vickers</i> dengan durasi gesek 4 detik. ..	47
Tabel 4. 5 Hasil uji kekerasan mikro <i>Vickers</i> dengan durasi gesek 6 detik...	47
Tabel 4. 6 Hasil uji kekerasan mikro <i>Vickers</i> dengan durasi gesek 8 detik...	48
Tabel 4. 7 Hasil rata-rata pengujian tarik .....	48
Tabel 4. 8 Hasil rata-rata pengujian kekerasan mikro <i>vickers</i> .....	51

## DAFTAR RUMUS

Rumus 1	Tegangan ( $\sigma$ ).....	22
Rumus 2	Regangan( $\varepsilon$ ).....	22
Rumus 3	besar modulus elastisitas (E) .....	24
Rumus 4	kekuatan tarik ( $\sigma_B$ ) .....	24
Rumus 5	<i>Vickers Hardness Number</i> (VHN) .....	27